

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Прва меѓународна научна конференција
„Влијанието на научно – технолошкиот развој во
областа на правото, економијата, културата,
образованието и безбедноста во
Република Македонија“



Скопје 20-21 декември 2013

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ: Прва меѓународна научна конференција
„Влијанието на научно – технолошкиот развој во областа на правото, економијата,
културата, образованието и безбедноста во Република Македонија“

Организатор: Институт за дигитална форензика
Универзитет „Евро-Балкан“ - Скопје

Уредник: Проф.д-р Сашо Гелев

Издавач: Универзитет „ЕВРО-БАЛКАН“ Скопје
Република Македонија
www.euba.edu.mk

CIP - Каталогизација во публикација
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје
001.3:330/378(497.7)(063)

МЕЃУНАРОДНА научна конференција (1 ; 2013 ; Скопје)
Влијанието на научно-технолошкиот развој во областа на правото,
економијата, културата, образованието и безбедноста во Република
Македонија : зборник на трудови / Прва меѓународна научна
конференција, Скопје 20-21 декември, 2013 ; [уредник Сашо Гелев]. -
Скопје : Универзитет "Евро-Балкан", 2014. - 706 стр. : граф. прикази
; 24 см

Дел од текстот на англиски јазик. - Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-4714-05-7

а) Научен развој - Општествени науки - Македонија - Излагања на
конференции
COBISS.MK-ID 95578634

Сите права ги задржува издавачот и авторите

Програмски одбор

- Проф. д-р Павлина Витанова, ЕВРО-БАЛКАН, копретседател;
- Проф. д-р Сашо Гелев – Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
копретседател
- Проф. Влатко Чингоски, Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
- Проф. д-р Лада Садиковиќ, Факултет за криминалистика,
криминологија и безбедност, Универзитет во Сараево;
- Проф. д-р Здравко Скакавац, Факултет за правне и пословне студии,
Универзитет УССЕ, Нови Сад;
- Проф. Д-р Божо Крстајиќ, Електротехнички факултет - Подгорица,
Црна Гора
- Доц. д-р Марјан Николовски, Факултет за безбедност, Универзитет
Св. Климент Охридски, Битола, Република Македонија
- Доц. д-р Ненад Танески, Војна академија, Скопје, Република
Македонија
- Проф. д-р Гордан Калаџиџев, Правен факултет, Универзитет Св. Кирил
и Методиј – Скопје, Република Македонија
- Доц. д-р Митко Богданоски, Војна академија Скопје, Република
Македонија
- Доц. д-р Роман Голубовски, Електротехнички факултет Радовиш
Универзитет Гоце Делчев Штип, Република Македонија
- Проф. Д-р Драган Михајлов, УКИМ; Република Македонија
- Д-р Никола Протрка, Полициска академија, Загреб, Република
Хрватска
- Проф. Д-р Тони Стојановски, Австралија
- Д-р Зоран Нарашанов, Винер осигурување, Скопје, Република
Македонија
- Проф. Д-р Стефан Сименов, Академија за внатрешни работи на
Република Бугарија

Организациски одбор

- Проф. д-р Сашо Гелев, претседател;
- Проф. д-р Павлина Стојанова, член;
- Проф. д-р Александар Даштевски, член;
- Доц. д-р Вангел Ноневски, член
- Доц. д-р Јорданка Галева
- М-р Славко Гавриловски, секретар;
- Валентина Гоцевска, член;
- Игор Панев, член;
- Ивана Крајчиновиќ, член
- Драгана Каровска, член

Огнен Ѓорѓиевски
Факултет за информатика, ЕУРМ Скопје, Р. Македонија
Сашо Гелев
Електротехнички факултет-Радовиш, Универзитет Гоце Делчев
Роман Голубовски
Електротехнички факултет-Радовиш, Универзитет Гоце Делчев

Автоматска регулација на пумпни станици со фреквентен регулатор

Апстракт: Современите системи за регулација на пумпните станици со повеќе пумпи потребно е да обезбедат константен и постојан притисок при променлив проток, избегнување на осцилации и промена на притисокот при вклучување на пумпите, меко стартување на пумпите со што се елиминираат механичките оштетувања, едноставен начин на поставување на параметрите и дијагностицирање на инсталацијата, избегнување на нестабилен режим на работа на пумпите (пумпање), избегнување на кавитационен режим на пумпите, економично решение. Исполнување на наведените барања во реалните системи не е можно без систем за автоматска регулација со повратна врска. Во практична примена најголем број на пумпни станици работат со:

- Каскадна регулација која е пропратена со осцилации на притисокот.
- Континуирана регулација на една пумпа, вклучување и исклучување на останатите пумпи во зависност од притисокот и протокот кој ги бара инсталацијата.

Во трудот се предлага решение за поквалитетна работа на пумпните станици со еден фреквентен регулатор при што секоја пумпа се вклучува преку меко стартување преку фреквентниот регулатор. Регулација на притисокот се врши со промена на бројот на вртежи во зависност од зададениот и отчитаниот притисок од сензорот за притисок. Останатите пумпи се префрлуваат директно во мрежа откако ќе бидат залетани. Со трудот е опфатено изготвување на софтверска апликација за програмибилен логички контролер и софтверска апликација за графички терминал преку кој ќе се задаваат и отчитуваат работните параметри.

Клучни зборови: пумпна станица, притисок, проток, регулација, фреквентен регулатор, програмибилен логички контролер, софтверска апликација.

Abstract: Modern systems for regulation of pump stations with multiple pumps is necessary to ensure a constant and steady pressure with variable flow, avoiding

oscillations and pressure change when the pump is on, the pump soft start eliminating mechanical damage, a simple way of setting parameters and installation diagnostics, avoiding unstable pump mode (pumping), avoiding cavitation pump mode, economy solution. Fulfilment of these requirements in real systems is not possible without a system for automatic control with feedback. In practical application, most pumping stations work with:

- *Cascade regulation that is accompanied by pressure fluctuations.*
- *Continuous regulation of a pump, inclusion and exclusion of other pumps depending on the pressure and flow that are required by the installation.*

This paper proposes a solution for qualitative operation of the pump stations with one frequency regulator, and the use of the frequency regulator to soft start the pumps. Pressure regulation is done by changing the speed depending on the given pressure and the pressure readings from the pressure sensor. The other pumps are transferred directly into the network once accelerated to the required speed. This paper also includes drafting a software application for programmable logic controller and software application for graphic terminal through which the setting and the readings of the operating parameters is performed.

Keywords: *pump station, pressure, flow, regulation, frequency regulation, programmable logic controller, a software application.*

Вовед

На глобално ниво во последниот период е изразена се поголема побарувачка на храна, а со тоа и се поголемите потреби од технолошка вода, вода за пиење како и вода за наводнување. Од друга страна заради глобалните климатски промени се јавуваат екстремно големи осцилации како на температурите така и на количините на врнежи. Во периодите кога се најпотребни, врнежите недостасуваат, а подземните води се намалени. Од овие причини се јавува потреба од собирање на планинските води, нивно акумулирање, истражување на подземните води како и пречистување на отпадните води и нивно користење за технолошки потреби. Транспортот на водата до потрошувачите не секогаш е возможен по природен пад. Затоа се јавува потреба од изградба на пумпни станици за снабдување на корисниците со вода. Современите системи за снабдување бараат оджување на стабилни работни параметри (проток и притисок) и голема надежност во работата. Во градските водоводи промената на притисокот предизвикува проблеми во водоснабдувањето и користењето на уредите во домаќинствата. Во системите за наводнување нестабилната работата на пумпните станици предизвикува нерамномерен доток на вода во гранките од цевководната мрежа. Во системите за технолошка вода нестабилната работа предизвикува технолошки проблеми и зголемен неквалитет во производството. Заради се поголемата побарувачка и се повисоката цена на електричната енергија системите за водоснабдување потребно е да работат со голем степен на корисно дејство. Акумулациите, бунарите, изворите на вода, пумпните

станции и корисниците на вода се на поголеми меѓусебни растојанија. Поради ова се јавува потреба од далечинско управување и мониторинг на системите. Заради намалување на трошоците во работата, отстранување на човечкиот фактор и зголемената надежност се јавува потреба од автоматизација на пумпните станици.

Системи за управување на пумпни станици

Најчесто користени системи за регулација на пумпните станици се:

- Регулација со хидрофорски резервоари со гумени мембрани.
- Регулација со хидрофорски резервоари без мембрани.
- Регулација на притисокот со поставување на резервоари на висини поголеми од највисоките точки на напојување.
- Регулација на пумпни станици со фреквентен регулатор.

Регулација со хидрофорски резервоари со гумени мембрани

Во зависност од големините на системите, се вградуваат еден или повеќе паралелно поврзани експанзиони садови за намалување на осцилацијата на притисокот во системот. Во експанзионите садови се вградени гумени мембрани кои херметички го делат просторот на два дела. Во долниот дел влегува вода од системот додека во горниот дел се наоѓа компримиран воздух или инертен гас. Пред пуштање на системот во употреба се врши полнење на горната страна од експанзиониот сад со воздух или инертен гас и испуштање на воздухот во делот кој се исполнува со вода [8].

Регулацијата се врши со пресостатат на кој се подесува притисокот на вклучување и притисокот на исклучување на пумпите. Недостатоците на овој систем се:

- Појава на осцилации на притисокот во текот на работата, при вклучување и исклучување на пумпите.
- Потреба од честа контрола на притисокот во зоната со компримиран воздух или инертен гас.
- Дополнување на компримиран воздух или инертен гас.
- Периодична замена на гумените мембрани.
- Експанзионите системи подlegнуваат на периодична контрола од овластени институции.
- Механички оштетувања на пумпите заради често вклучување и исклучување.

Регулација со хидрофорски резервоари без мембрани

Во системот се поставуваат еден или повеќе паралелно врзани експанзионите садови кои се полнат со вода до одредено ниво. Во горната зона се врши доведување на компримиран воздух со компресор или инертни гасови од боци. На експанзионите садови се поставени регулатори на ниво преку кои се одржува нивото во дефинирани граници и сензори на притисок врз основа на кои се врши дополнување на системот со компримиран воздух или инертен гас. Заради врзување на воздухот со водата, воздушниот простор во експанзионите садови се намалува, а со тоа се зголемуваат осцилациите на притисокот во цевководот. Едновременно се намалува времето на вклучување и исклучување на пумпите [8]. Недостатоците на овој систем се:

- Појава на осцилации на притисокот во текот на работата, при вклучување и исклучување на пумпите.
- Потреба од вградување на компресор за воздух и инсталација за компримиран воздух или честа набавка на боци со инертни гасови.
- Вградување на систем за контрола и регулација на ниво и притисок во експанзионите садови.
- Експанзионите системи подлегнуваат на периодична контрола од овластени институции.
- Механички оштетувања на пумпите заради често вклучување и исклучување.

Регулација на притисок со поставување на резервоари на висини поголеми од највисоките точки на напојување

Кај овие системи водата со употреба на пумпите од пумпните станици се префрла во резервоари кои се поставени на поголеми висини, а од тука по природен пад се врши дистрибуција на водата. Овој систем може да се користи каде што поставеноста на теренот (релјефот) е таква да може да се инсталираат и постават резервоари на поголема височина. Доколку се работи за рамни терени, низини и слично, се градат водени кули, но нивната изработка е скапа.

Кај овие системи пумпите се вклучуваат кога нивото на вода во резервоарите ќе се спушти до минималното ниво, а се исклучуваат кога водата ќе го постигне максималното ниво. Контролата на нивото на течност се врши со регулатор на ниво. Сигналите од регулаторот на ниво далечински се пренесуваат до пумпната станица. Преносот на сигналите се врши преку жична, радио врска или GPRS (ГПРС) [8]. Недостаток на овој систем е:

- Висока цена на изработка на резервоарите за вода кои се поставуваат на поголеми височини.

Регулација на пумпи со промена на бројот на вртежи на работното коло

Регулација се врши и со промена на брзината на бројот на вртежи n . Со промена на брзината на бројот на вртежи n на пумпата доаѓа до промена на работната крива на пумпата $H - Q$, а со тоа се разбира доаѓа и до промена на работниот режим кој е одреден со работната точка, која што се наоѓа во пресекот на работната крива на пумпата $H - Q$ и кривата на цевководот $H_c - Q$ при одредена брзина на број на вртежи. Доколку, на пример, брзината на бројот на вртежи на пумпата се намалува од n на n' , карактеристиката на пумпата се поместува транслаторно надолу (слика 1). Во овој случај, и пресечната точка A се поместува во B со што на тој начин се намалува и протокот од Q_A на Q_B . При зголемување на брзината на бројот на вртежи од n на n' карактеристиката на пумпата $H - Q$ се поместува транслаторно нагоре над кривата за $n = \text{const}$ и протокот расте од Q_A на Q_C . Доколку работните параметри на пумпата при брзина на број на вртежи $n = \text{const}$ се Q , H и P , а при друга брзина на број на вртежи n_X и ако условите на работа се слични, тогаш параметрите ќе бидат Q_X , H_X и P_X и ќе бидат одредени согласно соодветните равенки преку следните зависности:

$$\frac{Q}{Q_X} = \frac{n}{n_X} \text{ или } Q_X = Q \frac{n_X}{n}$$

Равенка 1.

$$\frac{H}{H_X} = \left(\frac{n}{n_X}\right)^2 \text{ или } H_X = H \left(\frac{n_X}{n}\right)^2$$

Равенка 2.

$$\frac{P}{P_X} = \left(\frac{n}{n_X}\right)^3 \text{ или } P_X = P \left(\frac{n_X}{n}\right)^3$$

Равенка 3.

Кога од равенката 1, $\frac{n_X}{n}$ се замени со $\frac{Q_X}{Q}$ и истото се воведи во останатите две равенки се добива:

$$\frac{H}{H_X} = \left(\frac{Q}{Q_X}\right)^2$$

Равенка 4.

или

$$\frac{H}{Q^2} = \frac{H_X}{Q_X^2} = K = \text{const}$$

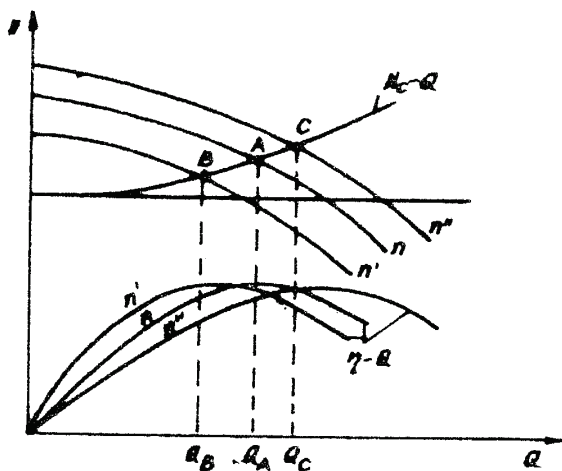
Равенка 5.

ИЛИ

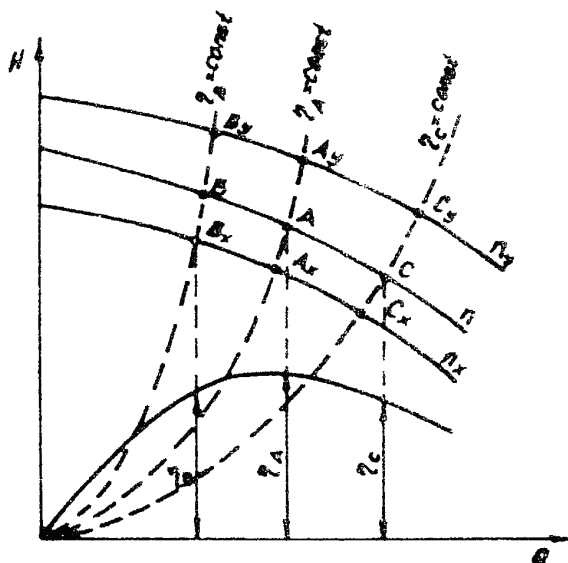
$$H = KQ^2$$

Равенка 6.

Добиената зависност претставува квадратна парабола со почеток во координатниот систем. Во случај геометриската локација да е точка која карактеризира сличен работен режим при ист η , тогаш може да се каже дека тоа е парабола со сличен работен режим. Ако тоа е, на пример, кривата $H - Q$ при брзина на број на вртежи n и на тој начин одредениот работен режим се карактеризира со точката A при коефициент на корисно дејство η_A , тие точки A_X и A_Y , лежат на квадратната парабола преку точката A и го одредуваат сличниот работен режим со ист коефициент на корисно дејство η_A при друга брзина на број на вртежи n_X и n_Y (слика 2). Равенките 1, 2 и 3 важат само во случај кога брзината на бројот на вртежи n не се менува повеќе од 20% - 30% од основната брзина на бројот на вртежи n . Точното одредување на работната крива при промена на бројот на вртежи n се одредува преку експерименти (испитувања).



Слика 1. Карактеристика на пумпа.



Слика 2. Коефициент на корисно дејство.

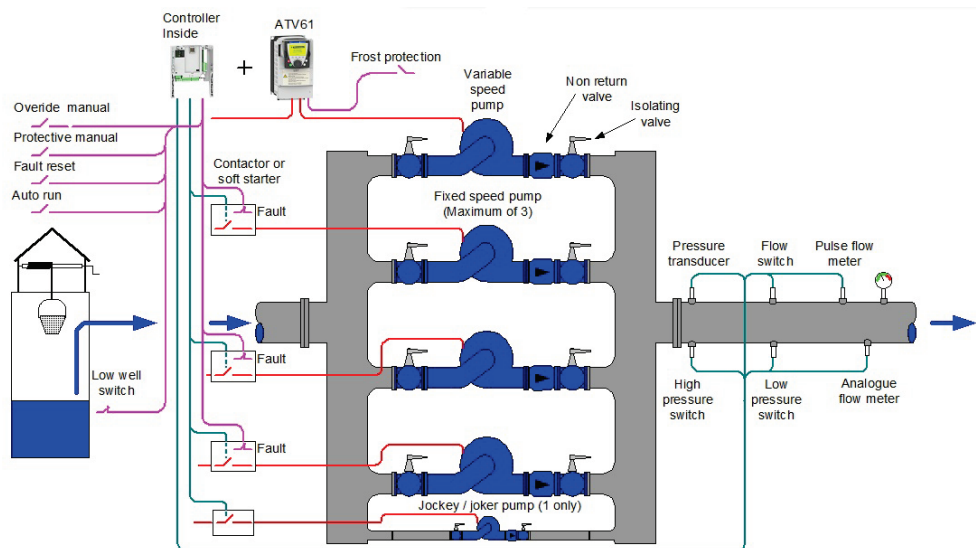
За овозможување регулација со промена на вртежите на работното коло погонските мотори потребно е да имаат променлив број на вртежи. Ова може да се оствари со вградување на мотори со еднонасочна струја, парни и гасни турбини, мотори со внатрешно согорување.

Кај асинхроните електромотори, кои се најчесто користат, управувањето може да биде степенасто со вклучување и исклучување на отпорници или континуирано со промена на бројот на вртежи со фреквентни регулатори [4].

Регулација на пумпни станици со фреквентен регулатор

Во поново време регулација на пумпните станици се врши со фреквентни регулатори. Кога во пумпната станица се поставени повеќе пумпи во зависност од потребите ќе работат едновременно неколку пумпи. Најпрво се вклучува пумпата која се погонува со фреквентниот регулатор. Регулацијата се врши со промена на фреквенцијата во зависност од притисокот во потисниот цевковод. Доколку бараниот притисок не е постигнат при максимален број на вртежи на активната пумпа, тогаш директно се вклучува уште една пумпа. Регулацијата на притисокот се врши со промена на фреквенцијата на првата пумпа. Во случај на потреба се вклучува наредна пумпа. Доколку притисокот е поголем од бараниот а пумпата управувана од фреквентниот регулатор е со минимална дозволена фреквенција, тогаш се исклучува една од пумпите.

Недостаток на овие системи е директно вклучување на пумпите кои не се управувани од фреквентниот регулатор што се манифестира со механички оштетувања на пумпите. Кај некои системи регулацијата се врши со еден фреквентен регулатор додека пуштањето на останатите пумпи се врши со меки стартувачи³⁸² или (софт стартерс). Овие системи се подобри и поефикасни но ограничување или недостаток е тоа што се поскапи [4].



Слика 3. Управување на пумпни станици со еден фреквентен регулатор.

Предлог решение за отстранување на недостатоци од предходни решенија за регулација на пумпни станици

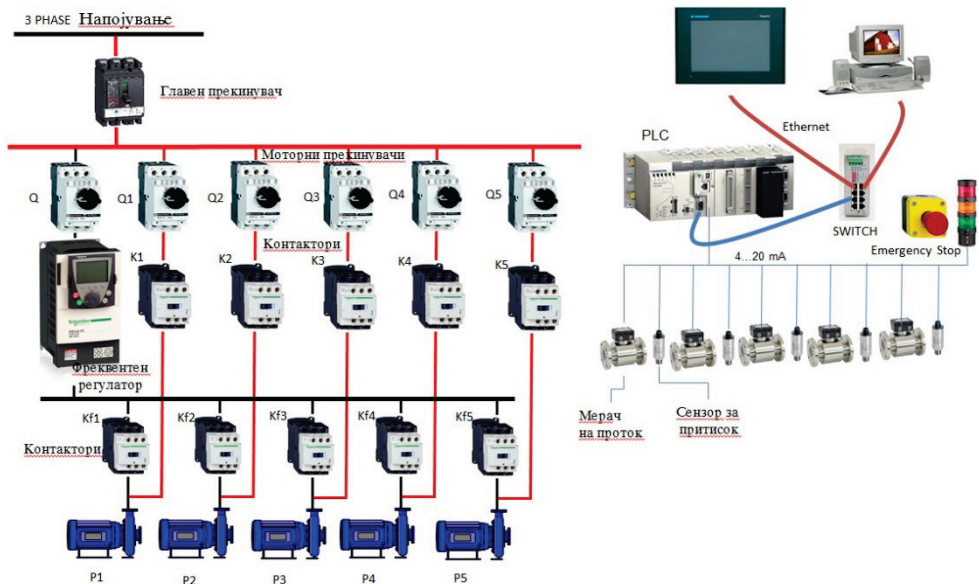
Со трудот се испитува можноста за автоматизација на пумпни станици со користење на еден фреквентен регулатор, без користење на меки стартувачи (софт стартерс) со цел да се постигне голема точност во регулацијата. Пумпната станица ќе се управува врз основа на притисокот во потисниот цевковод. Пуштањето на првата пумпа ќе се врши преку фреквентен регулатор. Регулацијата на притисокот ќе се врши со промена на бројот на вртежи на електромоторот со фреквентниот регулатор. Доколку зададениот притисок неможе да се постигне при максимален број на вртежи на пумпата, фреквентниот регулатор се ослободува, пумпата која е во работа се префрла директно во мрежа а преку фреквентниот регулатор се вклучува наредната пумпа. Стартувањето на втората пумпа ќе биде со минимален број на вртежи а со тоа ќе се избегнат осцилациите на притисокот во потисниот

³⁸² https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_soft_starter

цевковод. Регулацијата во овој случај ќе се врши со промена на бројот на вртежи на втората пумпа. На идентичен начин се вклучуваат и останатите пумпи. Доколку се намали потрошувачката на вода, пумпата управувана од фреквентниот регулатор ја намалува фреквенцијата. Ако вртежите на пумпата која се управува со фреквентниот регулатор е на граница на дозволените минимални вртежи тогаш пумпата се исклучува. Се следи притисокот и по потреба се вклучува истата пумпа или се исклучува една од пумпите кои се директно во мрежа. Регулацијата сега се врши со промена на вртежите на пумпата која е приклучена на фреквентниот регулатор. На овој начин системот ќе работи стабилно и без осцилации на притисокот.

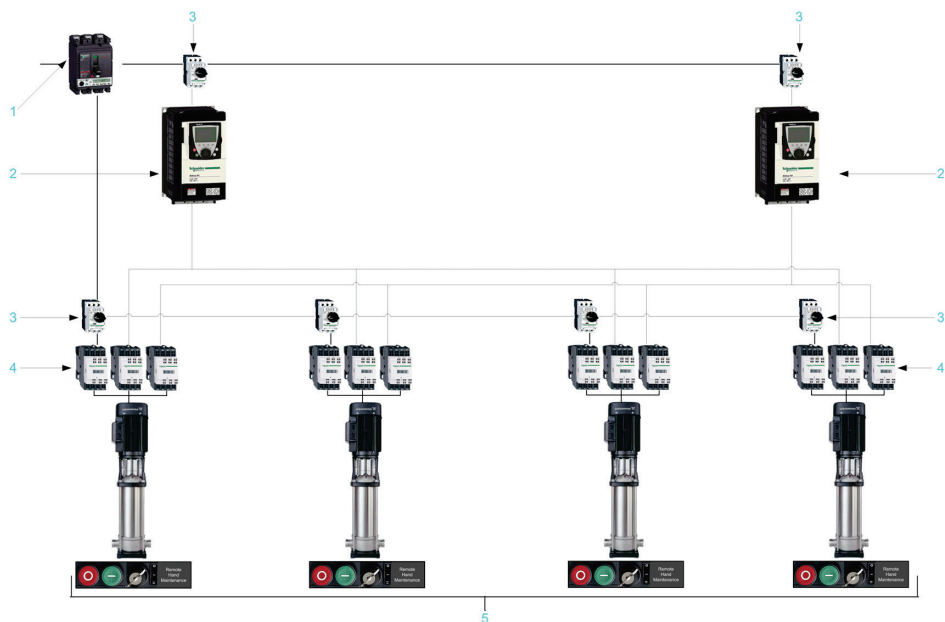
Управувањето со пумпната станица ќе се врши преку програмабилен контролер мрежно поврзан со фреквентниот регулатор. Сетирањето на работните параметри и читањето на процесните големини ќе се врши преку графички терминал кој е поврзан мрежно со програмабилниот контролер и фреквентниот регулатор.

ПУМПНА СТАНИЦА



Слика 4. Регулирање на пумпна станица со еден фреквентен регулатор.

За системи со поголема надежност и поголема флексибилност се вградуваат два фреквентни регулатори. Во случај на дефект на еден фреквентен регулатор автоматски се вклучува другиот.



Слика 5. Регулiranje на пумпна станица со два фреквентени регулатори (редудантен систем).

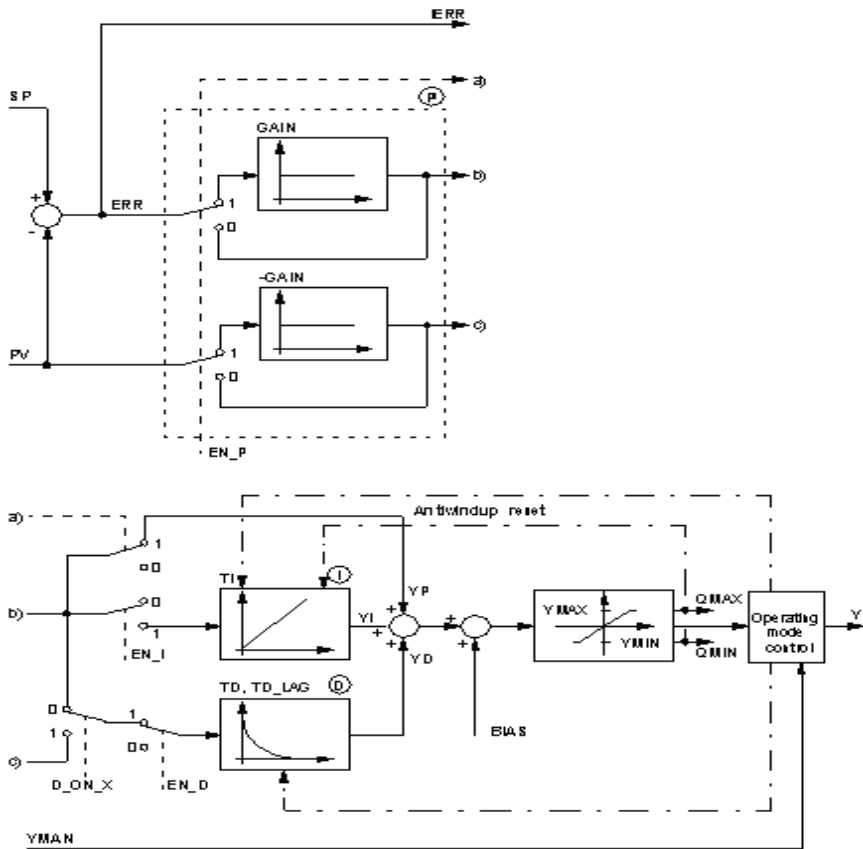
Регулацијата на притисокот со промена на фреквенцијата ќе се врши софтверски преку програмабилниот контролер со користење на ПИД регулација [7]. ПИД регулацијата се извршува во согласност со следното равенство:

$$u(t) = K_P + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} = K_P \left(e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t)dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right)$$

Односно во зависност од преносната функција:

$$G_{PID}(s) = \frac{U(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

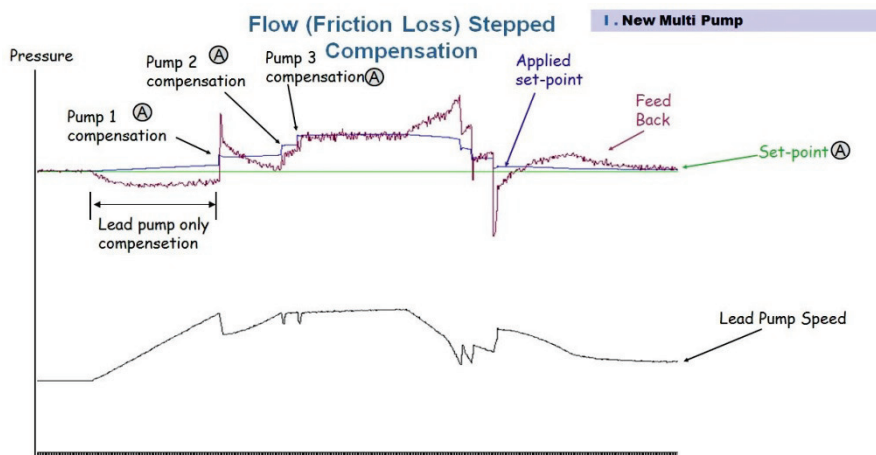
Блок дијаграм на регулацијата на притисокот е прикажан на слика 6.



Слика 6. Блок дијаграм за приказ на регулација на притисок.

Разлика на предложено решение и слични решенија за управување на пумпни станици

Едно од поквалитетните решенија за управување на пумпни станици е прикажано на слика 3. Кај овој начин на управување се користи еден фреквентен регулатор преку со кој се врши управување само на една пумпа. Другите пумпи се вклучуваат директно или преку меки стартувачи (софт стартерс). Кај овој начин на управување, во моментот на вклучување на останатите пумпи се јавува брз скок на притисокот, додека при исклучување на пумпите се јавува брз пад на притисокот [2]. Овие промени на притисокот се прикажани на дијаграмот на слика 7.



Слика 7. Дијаграм за приказ на промени во притисокот при вклучување и исклучување на пумпи преку употреба на фреквентен регулатор.

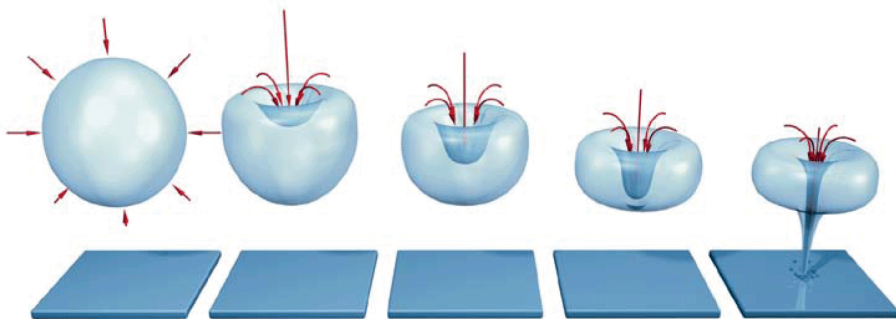
Со решението кое е предмет на магистерскиот труд секоја пумпа која не е директно во мрежа ќе се управува преку фреквентен регулатор. Со овој начин на управување ќе се избегнат осцилациите на притисоките во фаза на вклучување и исклучување на пумпите. Пуштањето и запирањето на пумпите ќе се врши меко по рампа со што ќе се избегнат механичките оштетувања. При пуштање на секоја пумпа, фреквентниот регулатор го отчитува напонот на влез, го испитува одводниот кабел и електромоторот. Доколку при овие испитувања се констатираат отстапувања (неправилности) од сетираните вредности пумпата, истата не се става во погон. Ако во тек на работа се констатираат недостатоци на било која пумпа, тогаш се врши исклучување на истата. Додека не се изврши контрола и ресетирање на грешката, пумпата не се вклучува а системот ќе ја смета пумпата како неисправна. На место на неисправната пумпа ќе се вклучи наредната пумпа. Грешките на системот и останатите алармни вредности кои ќе се појават во текот на работата ќе бидат прикажани во алармна листа на графичкиот терминал лоциран во пумпната станица, а истовремено ќе се прикажат и на SCADA³⁸³ системот во диспечерскиот (контролниот) центар. Доколку има потреба, системот се конфигурира да испраќа SMS пораки до авторизирани (одговорни) лица или сервисери на системот.

Избегнување на нестабилна работа на системот

³⁸³ СКАДА систем (<http://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>)

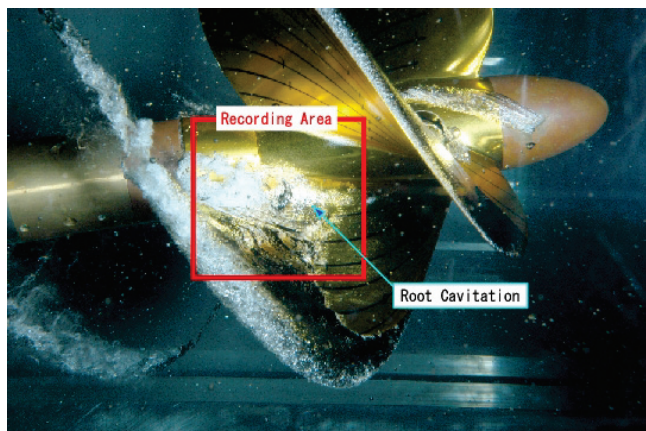
Кавитација

Во процесот на работа на пумпните станици во всисните водови можна е појава на подпритисок (вакум) помал од притисокот на испарување на флуидот при работна температура. Во овие зони се формираат јадра на парни меури (каверни) кои се движат заедно со флуидот. Кога овие јадра ќе дојдат во зона на висок притисок настапува брза кондензација, околниот флуид од сите страни ја исполнува каверната, настанува брза промена од подпритисок во надпритисок. Поради некомп्रेसибилноста на флуидот и брзата промена локалниот притисок може да има големи вредности. При затворање на каверните во близина на работните површини заради ударните импулси доаѓа до локално површинско оштетување на површините. Во овој случај пумпите работат со нестабилен излезен притисок, голема бучава, интензивни вибрации, намален степен на корисно дејство, а при развиена кавитација неконтролирана работа [2].

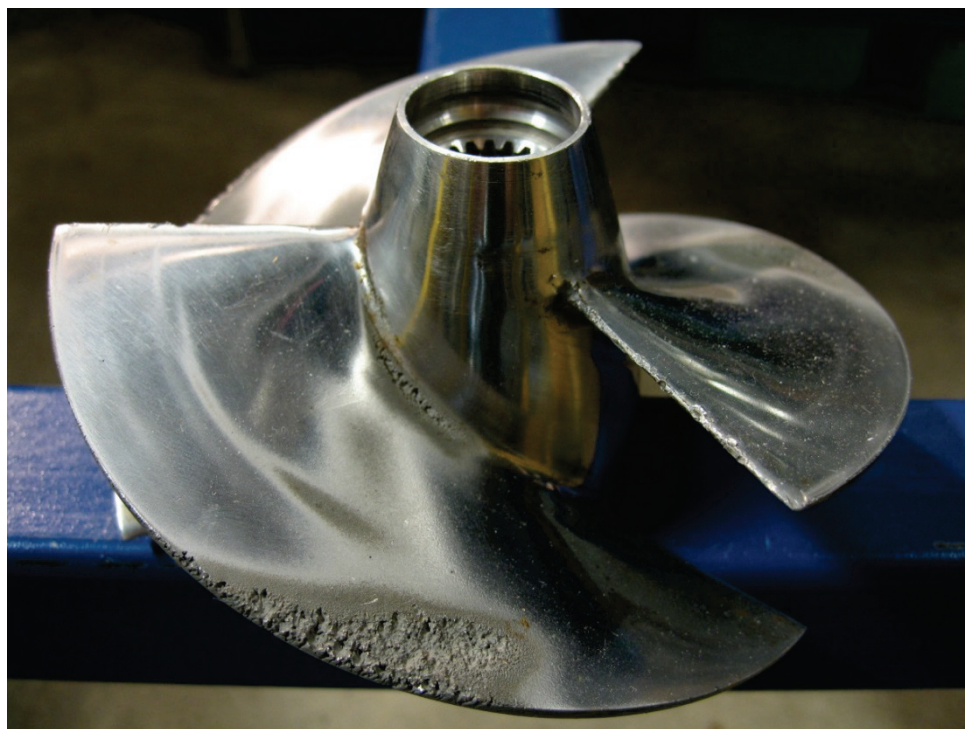


Слика 8. Формирање на подпритисок (вакум).





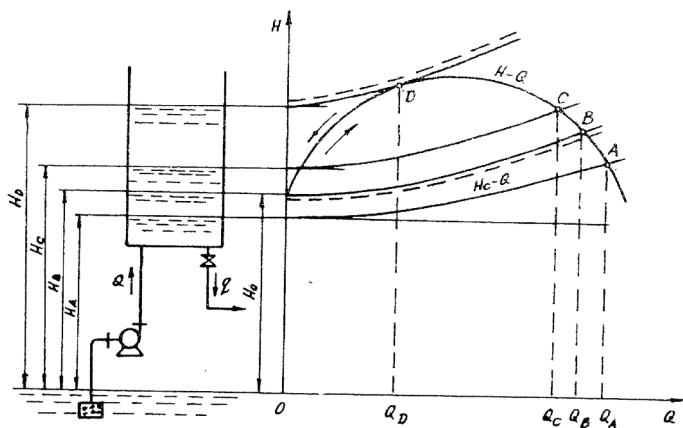
Слика 9. Создавање на кавитација.



Слика 10. Оштетување од кавитација.

Пумпање

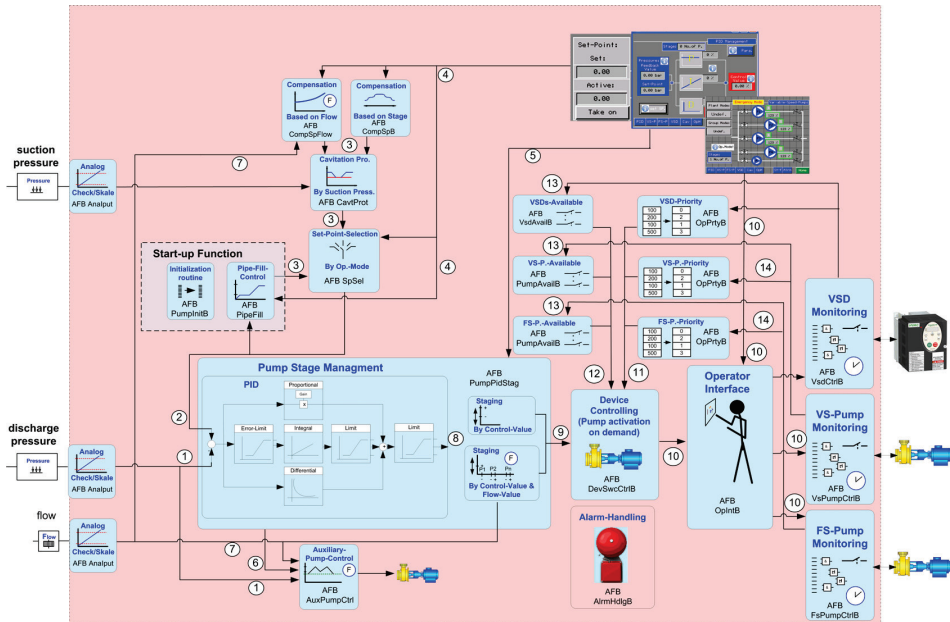
Нека се надгледува некоја пумпна инсталација во која пумпата транспортира течност со проток Q' во потисниот резервоар (слика 11). Од овој проток кој се доведува во резервоарот, еден дел од протокот q се одлива во потрошувачка. При ова се претпоставува дека протокот q е многу помал од протокот на пумпата Q' . Нека карактеристиката на пумпата $H - Q$ има максимум, односно се состои од влезен и опаѓачки дел и има теме на параболата кое е поместено надесно од координатниот почеток. Пумпата е поврзана со всисна цевка на чиј крај во црпниот резервоар се наоѓа всисна корпа со вентил. При пуштање на пумпата во работа, течноста проаѓа низ всисната цевка и пумпата, а со помош на одводен вод се носи во потисен резервоар. Доколку резервоарот е отворен, а слободната површина на течноста е на висина H_A , карактеристиката на инсталацијата или цевководот во тој случај е $H_C - Q$ и ја сече кривата во точката А која е дефинирана со протокот Q_A . Бидејќи $Q \gg q$, резервоарот и понатаму се полни а карактеристиката на цевководот и понатаму непрекинато се искачува нагоре, при што се добиваат нова работни точки В, С и други во стабилниот дел на кривата на пумпата.



Слика 11. Пумпна инсталација за транспорт на течност со проток Q' во потисен резервоар.

Кога слободното ниво на течноста во потисниот резервоар ќе се подигне на висина D , карактеристиката на цевководот $H_C - Q$ ги тангира (ги допира) карактеристиките на пумпата $H - Q$ во точката D . Според тоа, оваа точка е критична. Меѓутоа, постои инерција на течноста со што нивото на течноста во резервоарот и понатаму ќе расте, а со тоа растат и карактеристиките на цевководот (испрекинатата линија). Бидејќи е потребен поголем напор на инсталацијата од напорот на пумпата, протокот брзо опаѓа до нула а исто така опаѓа и напорот до H_O (слика 11). Бидејќи потрошувачот постојано троши проток q нивото на течноста во резервоарот постојано опаѓа додека не ја достигне висината H_O во која протокот $Q = 0$. При незначително дополнително истекување на течност од резервоарот уште повеќе опаѓа висината H_O . Во тој момент напорот на пумпата станува поголем од напорот на инсталацијата (овој случај е означен со испрекинатата линија), па поради тоа протокот брзо нараснува до вредноста Q_B . Опишаната појава се нарекува пумпање и се карактеризира со нестабилен режим на работа на пумпите во пумпната инсталација, со нагли (остри) промени во протокот и напорот, кои меѓу останатото се одвиваат со хидраулични удари, шумови и вибрации во инсталацијата. Од изложеното јасно се гледа дека пумпањето е можно на влезниот дел од карактеристиката на пумпата $H - Q$. Поради ова потребно е да се ограничи примената на пумпата и да се спречи појавата на пумпање и тоа на начин на кој пумпата ќе се применува единствено во опаѓачкиот дел од кривата $H - Q$. Центрифугалните пумпи со вакви карактеристики обично имаат малку специфична фреквенција на забрзување $n_q < 11$ и имаат излезен агол на лопатките $\beta_{2l} > 27^\circ$. Кај напојните пумпи првиот од условите е работната карактеристика на пумпата да биде стабилна, со други зборови крута, односно напорот на пумпата мора да расте константно кога протокот се намалува кон нула [3].

Постоечките системи на регулација во Македонија се воглавно без заштита од пумпање и заштита од појава на кавитација. На слика 12 е прикажан е блок дијаграм на управување на пумпна станица со фреквентни регулатори со интегрирана функција за заштита од пумпање и заштита од појава на кавитација.



Слика 12. Дијаграм на управување на пумпна станица со фреквентни регулатори со интегрирана функција за заштита од пумпање и заштита од појава на кавитација.

Заклучок

За да може успешно да се управува со некој систем потребно е да се познава природата на процесот кој што се одвива во него и да се има на располагање соодветен управувачки алгоритам со кој е можно да се постигнат потребните цели односно перформанси на системот. Без оглед на типот на регулаторот и начинот на неговата реализација, основните потреби кои се поставуваат пред секој регулиран систем се: стабилност, брзина на реагирање, прецизност и точност во работата и времето на траење на преодниот процес. Со цел автоматизацијата да биде оптимизирана и максимално ефикасна, потребна е прецизна регулација. Со овој труд се испитува можноста за автоматизација на пумпни станици со користење на еден фреквентен регулатор, без користење на меки стартувачи (софт стартерс) со цел да се постигне голема точност во регулацијата. Со автоматската регулација е избегнато ангажирање на ресурси со што се намалуваат трошоците а воедно се зголемува надежноста на системот.

Благодарност

Огромна благодарност до Проф. Д-р Сашо Гелев (sasogelev@ugd.edu.mk) и до Проф. Д-р. Роман Голубовски (roman.golubovski@ugd.edu.mk) за

насоките, коментарите и дискусиите во текот на истражувањето, како и за целосната поддршка која ми ја овозможија во текот на изработката на овој труд.

Библиографија

- [1] Методија Мирчевски, „Основи на механика и флуиди“, 2005.
- [2] Методија Мирчевски, „Хидромеханика 1“, 2001.
- [3] Богдан Ристич, „Пумпи и вентилатори“, 1987.
- [4] Драгутин Љ. Дебелкович, „Динамика на објекти и процеси, математички модели на објекти и процеси во системи со автоматско управување“, 1989.
- [5] Зоран Протич, Милош Недељкович, „Пумпи и вентилатори, проблеми, решенија и теорија“, 1992.
- [6] Мане Сашич, „Транспорт на флуиди и цврсти материјали“, 1990.
- [7] Мане Сашич, „Пресметка на транспорт на флуиди и цврсти материјали преку цевки“, 1985.
- [8] Душан Симич, „Основи на автоматско управување“, 1990.